

3-03153-75

RADAR

Patent Number: JP11064500
Publication date: 1999-03-05
Inventor(s): IIBOSHI AKIRA; SAWAMOTO KIICHIROU
Applicant(s): HONDA MOTOR CO LTD
Requested Patent: ☐ JP11064500
Application Number: JP19970225231 19970821
Priority Number(s):
IPC Classification: G01S13/34; G01S7/02; G01S13/60; G01S13/93
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a radar capable of finding the orientation of a target accurately even if the target, e.g. a preceding traveling vehicle, is located at the end of the scanning range of radar beam.

SOLUTION: An FM modulated radar signal is radiated from a transmitting/ receiving antenna 27 while scanning the beam direction with a predetermined beam and a reflected signal from a target is mixed with a part of transmitting signal at a mixing section 25 to produce a beat signal 25a. An effective reflective cross-sectional area operating section 33 finds an effective reflective cross-sectional area, based on the receiving level under a state where the beam center impinges on the target, the antenna gain at the center of beam, and the detected distance to the target. When the target exists slightly on the outside of scanning range of the radar beam, an orientation operating section 32 the antenna gain from the receiving signal level if the effective reflective cross-sectional area of the target is known and finds the orientation of the target, based on the antenna gain thus determined and a previously registered angle-characteristics of radar beam.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-64500

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月5日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 1 S 13/34

G 0 1 S 13/34

7/02

7/02

D

13/60

13/60

C

13/93

13/93

Z

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平9-225231

(22) 出願日

平成9年(1997) 8月21日

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 飯星 明

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

(72) 発明者 澤本 基一郎

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

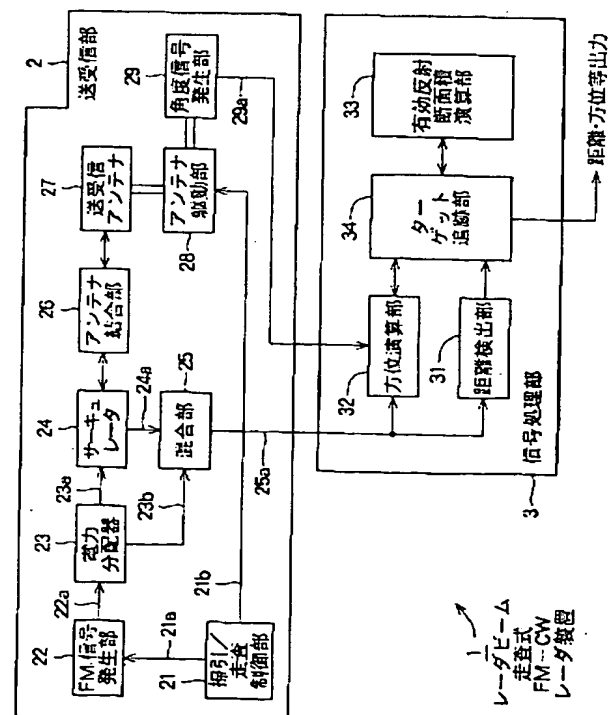
(74) 代理人 弁理士 下田 容一郎

(54) 【発明の名称】 レーダ装置

(57) 【要約】

【課題】 前走車等の物標がレーダビームの走査範囲の端部に位置した場合でも、物標の方位を正確に求めることのできるレーダ装置を提供する。

【解決手段】 FM変調されたレーダ信号を送受信アンテナ27から所定のビームでそのビーム方向を走査しながら放射し、物標からの反射信号と送信信号の一部とを混合部25で混合してビート信号25aを得る。有効反射断面積演算部33は、ビームの中心が物標に照射されている状態での受信レベルと、ビーム中心でのアンテナゲイン値と、検出した物標までの距離とに基づいて有効反射断面積を求める。方位演算部32は、レーダビームの走査範囲よりも少し外側に物標が存在する場合に、その物標の有効反射断面積が既知であれば受信信号レベルからアンテナゲインを求め、求めたアンテナゲインと予め登録したレーダビームの角度-利得特性とから物標の方位を求める。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーダ信号を送信し、物標で反射されたレーダ信号を受信する送受信部と、受信信号に基づいて物標までの相対距離を検出する距離検出部と、相対距離と受信信号レベルとに基づいて物標の有効反射断面積を求める有効反射断面積演算部と、有効反射断面積が求められた物標がレーダビームの端部に位置する場合に、予め登録した当該レーダビームの角度-利得特性と物標までの相対距離と受信信号レベルとに基づいて物標の方位を求める方位演算部と、を備えてなるレーダ装置。

【請求項2】 送受信部は送受信アンテナを複数備え、物標を検知する際には、ビームの一部が互いに重なり合うように配置された一方の送受信アンテナを用いてビームの送信を行い、ビームの一部が互いに重なり合うように配置された他方の送受信アンテナを用いて受信を行なうことを特徴とする請求項1記載のレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はレーダ装置に係り、特に物標の方位を広範囲で検出できるようにしたレーダ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】本出願人は、特開平6-242230号公報で、ほぼ同一の放射パターンのビームを部分的に重ね合わせながら放射するように配置された複数のアンテナの1つから放射された電波を他のアンテナで受信することによって、隣接する各アンテナ間に仮想的なアンテナを1個ずつ追加したと同様な機能を実現することで、限られたアンテナ個数で高い検出精度と広い検出角度範囲を実現できるようにした時分割型レーダシステムを提案している。隣接する複数のアンテナで物標からの反射波が受信された場合は、各方位毎のレベルを重み付けして平均化処理することで、反射波を生じさせた物標の方位を精度良く検出することができる。

【0003】また、本出願人は、特開平8-136647号公報で、ビームを放射し物標で反射された信号を受信するビーム送受信手段をビームの一部が互いに重なり合うように配置したFM-CW方式マルチビームレーダ装置において、物標を検知する際には、ビームの一部が互いに重なり合うように配置された一方のビーム送受信手段を用いてビームの送信を行い、ビームの一部が互いに重なり合うように配置された他方のビーム送受信手段を用いて受信を行なうレーダ装置を提案している。

【0004】また、本出願人は、特開平7-318635号公報で、マルチビーム送受信手段と、各送受信チャネルで受信された物標からの反射波の強度とこの物標までの距離を検出し順次保存する受信レベル保存手段と、各送信ビームの指向性の2乗を各送受信チャネルに対応

する行列に配列したマルチビームパターンの行列またはその逆行列を予め作成して保存しておくマルチビームパターン記憶手段と、記憶保存されている受信レベルのうちほぼ同一の距離のものを各送受信チャネルに対応する行または列内に配列し、マルチビームパターンの行列またはその逆行列に基づく演算処理を施すことにより各送受信チャネルの受信レベルの補正値を算定する逆演算手段とを備えることで、デコンボリューション処理によって2次元空間内に分布する多数の反射源を高い分解能で検出できるようにしたマルチビームレーダ装置を提案している。

【0005】更に、本出願人は、特開平5-288838号公報で、一定のサンプリング時間内に受信した反射信号毎に対象物データを演算すると共に、それらの対象物データにラベル付けを行なうことにより、複数の対象物との間の相対速度を得るようにした相対速度推定方法を提案している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来、マルチビームレーダ等において検出した障害物の横方向位置（検知角度）は、振幅角度変換手法や重心計算方式（特開平6-242230号公報参照）により求められていた。これらの方法は、原理的には、障害物を囲むビームの振幅から横方向位置を計算する手法であるので、一番端のビームの中心よりも外側に障害物（物標）が位置すると、横方向位置の計算ができないという不具合があった。

【0007】本発明はこのような課題を解決するためなされたもので、物標がビームの端に位置したときにも物標の位置（方位）を正確に求めることができるレーダ装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に係るレーダ装置は、レーダ信号を送信し、物標で反射されたレーダ信号を受信する送受信部と、受信信号に基づいて物標までの相対距離を検出する距離検出部と、相対距離と受信信号レベルとに基づいて物標の有効反射断面積を求める有効反射断面積演算部と、有効反射断面積が求められた物標がレーダビームの端部に位置する場合に、予め登録した当該レーダビームの角度-利得特性と物標までの相対距離と受信信号レベルとに基づいて物標の方位を求める方位演算部と、を備えてなる。

【0009】有効反射断面積演算部は、検出した物標までの距離と受信信号のレベルとに基づいて物標の有効反射断面積を求める。方位演算部は、有効反射断面積が求められた物標がレーダビームの端部に位置する場合に、予め登録したレーダビームパターンの利得特性と検出した物標までの距離と受信信号レベルとに基づいて物標の方位を求める。

【0010】レーダビームの走査範囲よりも少し外側に物標が存在する場合、その物標の有効反射断面積が既知

であれば、受信信号レベルからアンテナゲインを求めることができる。そして、求めたアンテナゲインと予め登録したレーダビームパターンの利得特性とから物標の方位を特定することができる。

【0011】本発明に係るレーダ装置では、送受信部は送受信アンテナを複数備え、物標を検知する際には、ビームの一部が互いに重なり合うように配置された一方の送受信アンテナを用いてビームの送信を行い、ビームの一部が互いに重なり合うように配置された他方の送受信アンテナを用いて受信を行なう構成として、特開平8-136647号公報に開示されているようなバイスタティックアンテナモードで使用してもよい。ビームを送信するアンテナと、ビームを受信するアンテナとを異ならせることで、ノイズを小さくして受信信号レベルをより正確にすることができ、物標の方位をより正確に検出することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面に基いて説明する。図1は、本発明に係るレーダビーム走査式FM-CWレーダ装置のブロック構成図である。このレーダビーム走査式FM-CWレーダ装置1は、送受信部2と信号処理部3とを備えている。

【0013】送受信部2は、掃引／走査制御部21と、FM信号発生部22と、電力分配器23と、サーキュレータ24と、混合部25と、アンテナ結合部26と、送受信アンテナ27と、アンテナ駆動部28と、角度信号発生部29と、を備える。

【0014】掃引／走査制御部21は、図2(a)に示すように、所定の掃引周期Tで電圧波形が三角波形となる送信周波数指定電圧信号(変調信号)21aを発生する。送信周波数指定電圧信号21aは、FM信号発生部22に供給される。

【0015】FM信号発生部22は、準ミリ波帯またはミリ波帯の高周波信号を発生する電圧制御発振器を備える。例えば30~150GHzの高周波信号を発生する電圧制御発振器を備えて構成してもよい。FM信号発生部22は、送信周波数指定電圧信号(変調信号)21aに基づいて、図2(b)に示すように、所定の掃引周期Tで周波数が変化するFM信号22aを発生する。FM信号22aは、電力分配器23に供給される。

【0016】電力分配器23は、FM信号22aを送信信号23aと局部発振信号23bとに分配する。送信信号23aは、サーキュレータ24に供給される。局部発振信号23bは、混合部25に供給される。

【0017】サーキュレータ24は、送信信号23aをアンテナ結合部26を介して送受信アンテナ27へ供給する。これにより、FM変調されたレーダ信号(レーダ電波、レーダビーム)が送受信アンテナ27から送信される。物標で反射されて送受信アンテナ27に戻ってきた反射波の受信信号は、アンテナ結合部26を介してサ

ーキュレータ24に供給される。サーキュレータ24は、受信信号を分離し、分離した受信信号24aを混合部25へ供給する。

【0018】混合部25は、受信信号24aと局部発振信号23bとを混合して、受信信号24aの周波数と局部発振信号23bの周波数との差の周波数の信号をビート信号25aとして出力する。ビート信号25aは、信号処理部3に供給される。

【0019】アンテナ結合部26は、ロータリジョイントまたは可撓性の導波管を用いて構成している。

【0020】送受信アンテナ27は、所定のビーム幅を有するもの(所定のビーム幅を有するレーダビームを送信するもの)を用いている。送受信アンテナ27のアンテナゲイン(指向性)の一例を図3に示す。レーダビームについての角度-利得特性の一例である。

【0021】アンテナ駆動部28は、掃引／走査制御部21から供給される走査許可信号21bに基づいて、送受信アンテナ27を所定の走査角度範囲内で揺動させる。レーダビームの走査範囲の一例を図4に示す。

【0022】角度信号発生部29は、送受信アンテナ27の走査方向を検出し、送受信アンテナ27のビーム中心の放射方向を示す角度信号29aを出力する。角度信号29aは、信号処理部3に供給される。

【0023】掃引／走査制御部21は、図2(c)に示すように、FM信号3aの周波数がアップする掃引から周波数をダウンする掃引に切り替えた時点、ならびに、周波数をダウンする掃引から周波数をアップする掃引に切り替えた時点から所定時間Dが経過するまでの間は、アンテナの走査を不許可にする走査許可信号21bを出力する。アンテナの走査を不許可にする時間Dは、このレーダ装置の最大検出距離に応じて設定する。例えば、最大検出距離を150メートルとした場合、送信波が150メートル先の物標で反射されて戻ってくるまでの時間1マイクロ秒よりも長い時間に設定する。周波数がアップする掃引の反射信号(受信信号)と周波数がダウンする掃引の送信信号とのビート信号が発生する期間は、物標までの相対距離を示すビート信号が得られないので、この相対距離を示すビート信号が得られない期間は、アンテナの走査を停止させるようにしている。

【0024】図1に示したアンテナ駆動部28は、モータとギヤ機構等を備える。アンテナ駆動部28は、走査許可信号21bが供給されている(許可の状態)間は送受信アンテナ27を揺動させ、走査許可信号21bが供給されない(不許可の状態)間は送受信アンテナ27の揺動を停止し、その時のアンテナの向きを保持する。1回の走査許可信号が供給される時間内に、アンテナを所定角度ずつ回転させるようにしてもよい。

【0025】なお、アンテナ駆動部28は、走査許可信号21bが供給される度に、または走査許可信号21bが所定回数供給される毎にアンテナの向きを所定角度ず

つ回動させるようにしてもよい。例えば、走査許可信号21bが2回供給される度に、アンテナの向きを例えば1度ずつずらすようにすることで、同一方位に対して周波数アップ掃引と周波数ダウン掃引の両方の掃引による対象物の検出が可能となる。同一方位に対して周波数アップ掃引と周波数ダウン掃引の両方の掃引を行ない、各掃引毎にビート信号の周波数を測定することで、物標までの相対距離と、物標の相対速度を求めることができる。

【0026】また、アンテナの回動速度（走査速度）に比較して物標までの相対距離を示すビート信号が得られない期間が十分に短く、物標が検出できない角度範囲が極めて狭く実質的にブラインドとなる角度範囲を生じない場合は、FM信号22aの掃引タイミングとは無関係にアンテナの揺動（走査）を行なうようにしてもよい。

【0027】信号処理部3は、距離検出部31と、方位演算部32と、有効反射断面積演算部33と、ターゲット追跡部34と、を備える。信号処理部3は、CPUとROMとRAMとを備えて構成してもよく、DSP（デジタルシグナルプロセッサ）を備えて構成してもよい。

【0028】距離検出部31は、ビート信号25aの周波数スペクトルを解析し、ビート信号25aの周波数から物標（ターゲット）までの相対距離を検出する。距離検出部31は、検出した相対距離の情報をターゲット追跡部34に供給する。

【0029】方位演算部32は、検出された物標までの相対距離に対応する周波数の信号レベル（ビート信号のレベル）が最大となったアンテナの走査角度を、物標の

$$Pr[mW] = \frac{Pt[mW] \cdot G^2 [dB] \cdot \lambda^2 [m] \cdot \theta [dB \cdot m^2]}{(4\pi)^3 \cdot R^4 [m] \cdot F^2 [dB] \cdot L [dB]} \\ \times 16 \sin^4 \frac{2\pi \cdot h[m] \cdot ht[m]}{\lambda [m] \cdot R [m]}$$

【0034】数1において、Prは受信電力（単位ミリワット）、Ptは送信電力（単位ミリワット）、Gはアンテナゲイン（単位デシベル）、λは送信波長（単位メートル）、θは有効反射断面積（単位デシベル・平方メートル）、hは送受信アンテナの地上高（単位メートル）、htは物標の地上高（単位メートル）、Rは物標までの距離（単位メートル）、Fは伝搬損失（単位デシベル）、Lは回路損失（単位デシベル）である。

【0035】FM-CWレーダ装置1の送信電力Ptは、一定である。送信電力Ptは、有効反射断面積演算部33に予め登録されている。送信波長λは、有効反射断面積演算部33に予め登録されている。送受信アンテナの地上高hは、有効反射断面積演算部33に予め登録されている。送受信アンテナ27にレドームを設けている場合、レドームによる損失値を伝搬損失Fとして予め

方位角度とする。方位演算部32は、検出した物標の方位の情報とその方位を決定した際のビート信号のレベルの情報を、ターゲット追跡部34に供給する。

【0030】ターゲット追跡部34は、検出された物標にラベルを付けるとともに、検出された時刻と物標までの相対距離と信号レベルと物標の方位とを対応付けて記憶する。次のビーム走査によって物標の検出がなされると、ターゲット追跡部34は、既に検出されている物標のデータとの照合を行なう。ターゲット追跡部34は、照合の結果、同一の物標であると判断した場合は、先に付与したラベル名で検出された時刻と物標までの相対距離と信号レベルと物標の方位とを対応付けて記憶する。

【0031】有効反射断面積演算部33は、ターゲット追跡部34に記憶された検出物標に関するデータに基づいて物標の有効反射断面積を演算する。有効反射断面積演算部33は、ターゲット追跡部34に記憶されたビート信号のレベルに基づいて送受信アンテナ27で受信した物標からの反射信号の受信電力を求める。有効反射断面積演算部33には、内部メモリ等に混合部25の混合利得、サーキュレータ24における受信信号の損失、アンテナ結合物26における損失の各データが予め登録されている。また、有効反射断面積演算部33には、内部メモリ等に送受信アンテナ27のアンテナゲインが登録されている。

【0032】有効反射断面積演算部33は、数1に示すレーダ方程式に基づいて有効反射断面積を求める。

【0033】

【数1】

登録している。回路損失Lとしては、所定値を予め登録している。

【0036】ターゲット追跡部34に同一の物標に関して検出距離の異なる2組のデータが記憶されている場合、有効反射断面積演算部33は、それぞれの距離とそれぞれの距離での受信電力を代入した2つのレーダ方程式を作成し、それら2つのレーダ方程式を連立方程式として解くことで、物標の有効反射断面積θと物標の地上高htを求める。このときアンテナゲインはビーム中心でのゲイン値を用いる。求められた物標の有効反射断面積θと物標の地上高htは、ターゲット追跡部34に物標のラベルとの対応を付けて記憶される。

【0037】なお、有効反射断面積演算部33は、物標の有効反射断面積θと物標の地上高htとのそれぞれを求めるのではなく、有効反射断面積θと地上高htとを積

($\theta \cdot h t$) を求めるようにしてもよい。この場合は、同一の物標に関して検出距離の異なる2組のデータが必要ではなくなる。また、同一の物標に関して検出距離の異なる2組のデータが得られていない場合、有効反射断面積演算部33は、物標の地上高 $h t$ を例えば乗用車のナンバープレートの平均的な地上高に仮定して、物標の有効反射断面積 θ を求めるようにしてもよい。

【0038】方位演算部32は、角度信号発生部29から供給される角度信号29aに基づいてレーダビームが走査範囲の端部にあることを認識し、かつ、その端ビームで物標からの反射信号が受信されている場合、ターゲット追跡部34に記憶されている物標のデータを参照して、端ビームで受信している物標が既に検出されている物標か否かを判断する。方位演算部32は、既にラベル付けされている物標が端ビームで受信されている場合、既に求められている有効反射断面積 θ と物標の高さ $h t$ と、端ビームで受信されている受信電力を数1に示したレーダ方程式に代入して、アンテナゲインを求める。方位演算部32は、求めたアンテナゲインと端ビームのアンテナゲインパターン(図3参照)とから物標の方位を求める。

【0039】ターゲット追跡部34は、検出した物標の距離・方位ならびに物標の相対速度や物標の移動方向等のデータを出力する。

【0040】図4に示す走査範囲の内側に例えば前走車Aが存在する場合、レーダビームの中心が前走車Aに向けて放射されている状態で反射信号の電力(受信電力)が最大となる。方位演算部32は、ビート信号25aのレベルに基づいて前走車Aからの反射信号の電力(受信電力)が最大となった角度を前走車Aの方位として検出する。

【0041】有効反射断面積演算部33は、前走車Aまでの距離、反射信号の電力(受信電力)に基づいて前走車Aの有効反射断面積 θ ならびに高さ $h t$ を求める。この前走車Aの位置が走査範囲の端ビームの外側となった場合、方位演算部32は、端ビームでの受信電力と既に求められている前走車Aの有効反射断面積 θ ならびに高さ $h t$ から端ビームのアンテナゲインを求める。そして、求めたアンテナゲインと図3に示したアンテナゲイン特性とから前走車Aの方位を求める。よって、前走車Aが走査範囲の外側に少し外れた場合でも、前走車Aの方位を検出することができる。

【0042】なお、ビームの中心で前走車Aを捉えたときの受信レベルと距離に基づいて、端ビームによって検出された前走車Aまでの距離から前走車Aをビームの中心で捉えた際の受信レベルを演算し、演算した得た受信レベルと実際の受信レベルとのレベル差を求め、このレベル差とアンテナパターンのゲイン特性とから前走車Aの方位を求めるようにしてもよい。

【0043】図5は、本発明に係るマルチビーム式FM

ーCWレーダ装置のブロック構成図である。本発明に係るマルチビーム式FMーCWレーダ装置11は、送受信部12と信号処理部13とを備えてなる。

【0044】送受信部12は、掃引/走査制御部41と、FM信号発生部42と、電力分配器43と、送信チャネル切替部44と、混合部45と、受信チャネル切替部46と、複数チャネル分のサーキュレータ47a~47iと、複数チャネル分の送受信アンテナ48a~48iと、を備える。

【0045】図6は、ビームの放射方向を示す説明図である。図6に示すように、各送受信アンテナ48a~48iはそれぞれ同一の放射パターン(ビームパターン)を有し、隣接する放射パターンが部分的に重なり合うようにしている。なお、図6では、アンテナ48aのビームパターンをBaとして示しており、アンテナ48iのビームパターンをBiとして示している。

【0046】掃引/走査制御部41は、図2(a)に示すように、所定の掃引周期Tで電圧波形が三角波形となる送信周波数指定電圧信号(変調信号)41aを発生する。送信周波数指定電圧信号41aは、FM信号発生部42に供給される。

【0047】FM信号発生部42は、準ミリ波帯またはミリ波帯の高周波信号を発生する電圧制御発振器を備える。FM信号発生部42は、送信周波数指定電圧信号(変調信号)41aに基づいて、図2(b)に示すように、所定の掃引周期Tで周波数が変化するFM信号42aを発生する。FM信号42aは、電力分配器43に供給される。

【0048】電力分配器43は、FM信号42aを送信信号43aと局部発振信号43bとに分配する。送信信号43aは、送信チャネル切替部44に供給される。局部発振信号43bは、混合部45へ供給される。

【0049】掃引/走査制御部41は、送信チャネル指定信号41Tを送信チャネル切替部44へ供給することで送信チャネルを指定する。これにより、電力分配器43で分配された送信信号43aが指定された送信チャネルのサーキュレータ47n($n=a \sim i$)を介して指定された送信チャネルのアンテナ(送受信アンテナ)48nへ供給され、レーダビームが放射される。掃引/走査制御部41は、受信チャネル指定信号41Rを受信チャネル切替部46へ供給することで受信チャネルを指定する。これにより、指定された受信チャネルのアンテナ48nで受信された信号が指定されたチャネルのサーキュレータ47nで分離され、受信チャネル切替部46を介して混合部45へ供給される。

【0050】掃引/走査制御部41は、アンテナ48aで送信し同じアンテナで受信する同一アンテナ送受信モード(モノスタティックアンテナモード)を指定することでアンテナ48aのビーム方向を走査する。次に、アンテナ48aで送信し隣接するアンテナ48bで受信す

るバイスタティックアンテナモードを指定することでアンテナ48aのビーム方向とアンテナ48bのビーム方向の中間の方向を走査する。次に、アンテナ48bで送受信を行なうモードを指定することでアンテナ48bのビーム方向を走査する。次に、アンテナ48bで送信し隣接するアンテナ48cで受信するモードを指定することを順次繰り返すことで、ビーム方向を順次走査する。

【0051】混合部45は、受信チャネル切替部46から供給される受信信号46aと局部発振信号43bとを混合して、受信信号46aの周波数と局部発振信号43bの周波数との差の周波数の信号をビート信号45aとして出力する。混合部45の出力であるビート信号45aは、信号処理部13に供給される。送信チャネル指定信号41Tならびに受信チャネル指定信号41Rも、信号処理部13に供給される。

【0052】信号処理部13は、距離検出部51と、方位演算部52と、有効反射断面積演算部53と、ターゲット追跡部54と、を備える。

【0053】距離検出部51は、ビート信号45aの周波数スペクトルを解析し、ビート信号の周波数から物標（ターゲット）までの相対距離を検出する。距離検出部51は、検出した相対距離の情報をターゲット追跡部54に供給する。

【0054】方位演算部52は、送受信部12側から供給される送信チャネル指定信号41Tならびに受信チャネル指定信号41Rに基づいてレーダビームの走査方向を認識する。方位演算部52は、認識したレーダビームの走査方向（走査角度）と検出された物標までの相対距離に対応する周波数の信号レベルとを一時記憶する。方位演算部52は、隣接する複数の走査方向（走査角度）で物標が検知されている場合、各走査方向（走査角度）におけるビート信号のレベル（物標までの距離に対応する周波数の信号レベル）を重み付け平均化処理することで、反射波を生じさせた物標の方位を求める。

【0055】方位演算部52は、図6に示す両端のビームBa、Bi以外のビームBb～Bhのいずれかで物標からの反射信号が検出されている場合で、その中の1つのビームのみで反射信号が検出されている場合、ならびに、その中の1つのビームで検出されたレベルに対してその両隣のビームで検出されたレベルが極めて低いレベルである場合は、反射信号を高いレベルで検出しているビームの中心が物標を照射しているものと判断し、そのときの受信レベルをターゲット追跡部54へ供給して記憶させる。

【0056】ターゲット追跡部54は、検出された物標にラベルを付けるとともに、検出された時刻と物標までの相対距離と信号レベルと物標の方位とを対応付けて記憶する。次のビーム走査によって物標の検出がなされると、ターゲット追跡部54は、既に検出されている物標のデータとの照合を行なう。ターゲット追跡部54は、

照合の結果、同一の物標と判断した場合は、先に付与したラベル名で検出された時刻と物標までの相対距離と信号レベルと物標の方位とを対応付けて記憶する。

【0057】有効反射断面積演算部53は、ターゲット追跡部54に記憶された検出物標に関するデータに基づいて物標の有効反射断面積を演算する。有効反射断面積演算部53は、ターゲット追跡部54に記憶されたビート信号のレベルに基づいて送受信アンテナ48nで受信した物標からの反射信号の受信電力を求める。有効反射断面積演算部53には、混合部45の混合利得、サーキュレータ47nにおける受信信号の損失、受信チャネル切替部46における損失の各データが予め登録されている。また、有効反射断面積演算部53には、送受信アンテナ48nのアンテナゲインが登録されている。

【0058】有効反射断面積演算部53は、数1に示すレーダ方程式に基づいて有効反射断面積を求める。なお、FM-CWレーダ装置11の送信電力Ptは一定であり、送信電力Ptは有効反射断面積演算部53に予め登録されている。送信波長λならびに送受信アンテナの地上高hも有効反射断面積演算部53に予め登録されている。送受信アンテナ27にレドームを設けている場合、レドームによる損失値を伝搬損失Fとして予め登録している。回路損失Lとしては所定値を予め登録している。

【0059】ターゲット追跡部54に同一の物標に関して検出距離の異なる2組のデータが記憶されている場合、有効反射断面積演算部53は、それぞれの距離とそれぞれの距離での受信電力を代入した2つのレーダ方程式を作成し、それら2つのレーダ方程式を連立方程式として解くことで、物標の有効反射断面積 θ と物標の地上高htを求める。求められた物標の有効反射断面積 θ と物標の地上高htは、ターゲット追跡部54に物標のラベルとの対応を付けて記憶される。

【0060】なお、有効反射断面積演算部53は、物標の有効反射断面積 θ と物標の地上高htとのそれぞれを求めるのではなく、有効反射断面積 θ と地上高htと積（ $\theta \cdot ht$ ）を求めるようにしてもよい。この場合は、同一の物標に関して検出距離の異なる2組のデータが必要ではなくなる。また、同一の物標に関して検出距離の異なる2組のデータが得られていない場合、有効反射断面積演算部53は、物標の地上高htを例えば乗用車のナンバープレートの平均的な地上高に仮定して、物標の有効反射断面積 θ を求めるようにしてもよい。

【0061】有効反射断面積演算部53は、ビームの中心が物標に照射された状態のデータがない場合は、重み付け平均化処理によって求められた物標の方位に基づいて、最も高い受信レベルが得られているビームにおいて物標の方位にあたる角度でのアンテナゲインを求め、求めたアンテナゲインを用いて物標の有効反射断面積 θ を求めるようにしてもよい。

【0062】方位演算部52は、送信チャネル指定信号41Tならびに受信チャネル指定信号41Rに基づいてレーダビームが図6に示す端ビーム(BaまたはBi)であることを認識し、かつ、その端ビームで物標からの反射信号が受信されている場合、ターゲット追跡部54に記憶されている物標のデータを参照して、端ビームで受信している物標が既に検出されている物標か否かを判断する。方位演算部52は、既にラベル付けされている物標が端ビームで受信されている場合、既に求められている有効反射断面積 θ と物標の高さ h_t と、端ビームで受信されている受信電力を数1に示したレーダ方程式に代入して、アンテナゲインを求める。そして、方位演算部52は、求めたアンテナゲインと端ビームのアンテナゲインパターンとから物標の方位を求める。

【0063】ターゲット追跡部34は、検出した物標の距離・方位ならびに物標の相対速度や物標の移動方向等のデータを出力する。

【0064】なお、本発明に係るレーダ装置は、パルス式レーダにも適用することができる。パルス式レーダの場合、距離検出部は送信信号と受信信号との時間差に基づいて物標までの距離を求める。また、この発明に係るレーダ装置は、電波以外の光等を利用したレーダにも適用することができる。

【0065】更に、本発明に係るレーダ装置では、検出対象となる物標の有効反射面積 θ が既に求められている場合は、その物標からの反射信号の受信レベルと検出した物標までの相対距離とからその物標を指向する方向のアンテナゲインを求め、求めたアンテナゲインから物標の方位を求めることができるので、図6に示したように多数のビームを隣接するビームが重なり合うように設けなくとも、例えば、ビームBa、Bc、Be、Bg、Bi等のより少ないビーム配置でビーム間に位置する物標の方位を精度良く求めることができる。

【0066】図1の信号処理部3は、掃引／走査制御部21を備えて構成してもよい。図5の信号処理部13は、掃引／走査制御部41を備えて構成してもよい。ま

た、上記実施形態は本発明の一例であり、本発明は上記実施形態に限定されない。

【0067】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係るレーダ装置は、有効反射断面積が求められた物標がレーダビームの端部に位置する場合に、予め登録した当該レーダビームの角度－利得特性と物標までの相対距離と受信信号レベル（例えばビート信号レベル）とに基づいて物標の方位を求める方位演算部とを備えたので、レーダビームの走査範囲よりも少し外側に物標が存在する場合であっても、その物標の有効反射断面積が既知であれば受信信号レベルからアンテナゲインを求め、求めたアンテナゲインと予め登録したレーダビームの角度－利得特性とから物標の方位を特定することができる。よって、限られた走査範囲であってもその走査範囲よりも広い範囲に亘って物標の方位を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るレーダビーム走査式FM-CWレーダ装置の簡易ブロック構成図

【図2】送信周波数指定電圧信号、FM信号および走査許可信号の波形図

【図3】送受信アンテナのアンテナゲイン（指向性）を示すグラフ

【図4】レーダビームの走査範囲の一例を示す簡易説明図

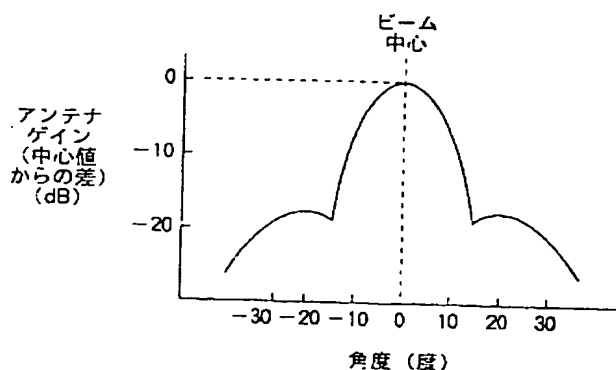
【図5】本発明に係るマルチビーム式FM-CWレーダ装置の簡易ブロック構成図

【図6】図5に示すマルチビーム式FM-CWレーダ装置のビームの放射方向を示す簡易説明図

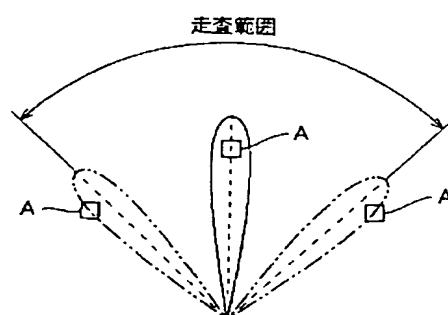
【符号の説明】

1, 11…レーダ装置、2, 12…送受信部、3, 13…信号処理部、27, 48a～48i…送受信アンテナ、31, 51…距離検出部、32, 52…方位演算部、33, 53…有効反射断面積演算部、34, 54…ターゲット追跡部。

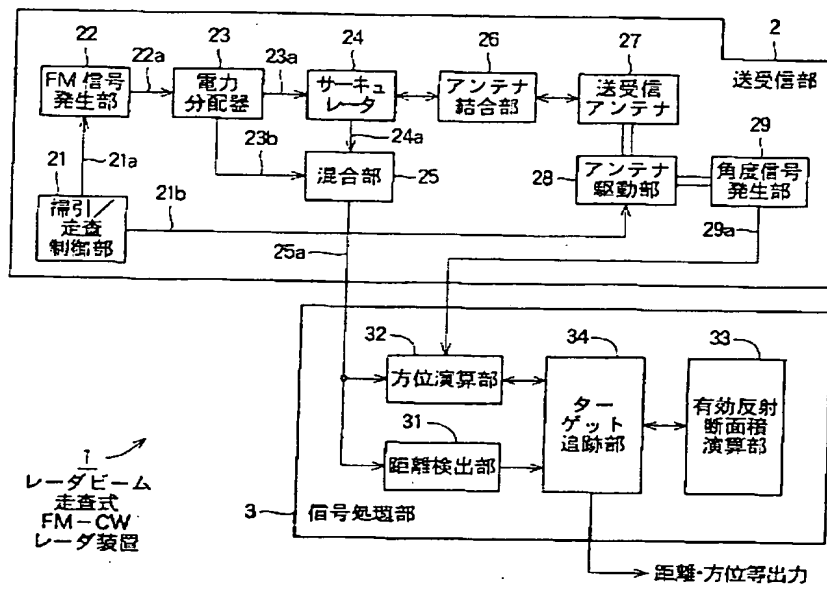
【図3】



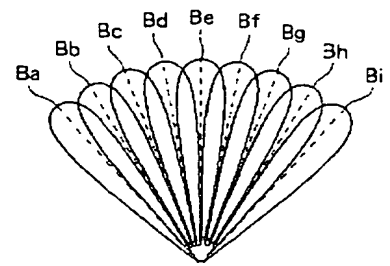
【図4】



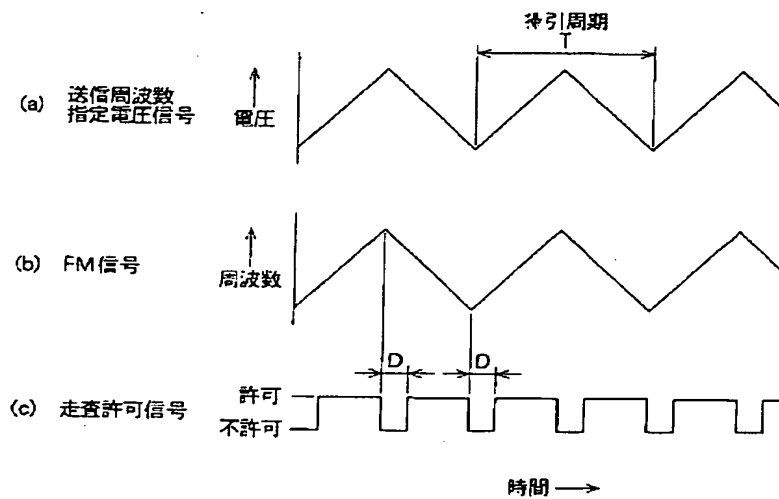
【図1】



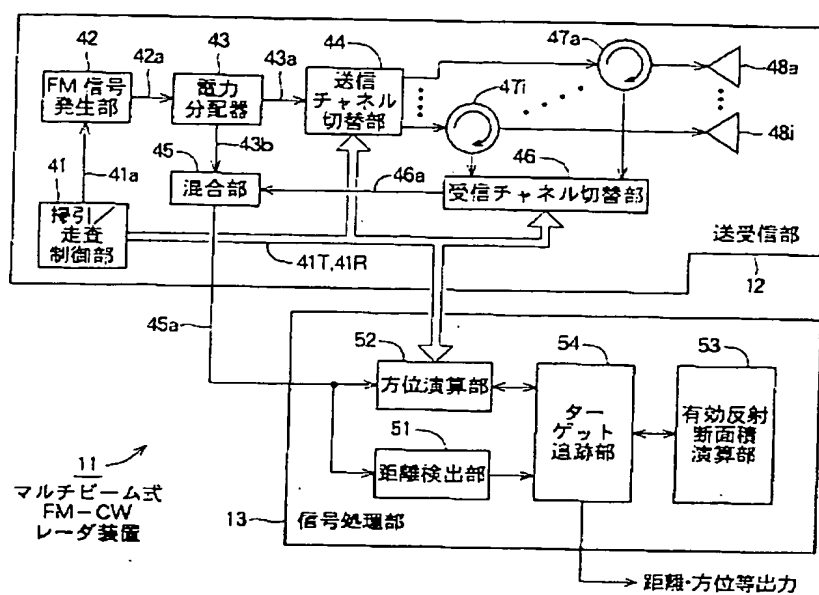
【図6】



【図2】



【図5】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)